



AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE CONTRAÇÃO RADIAL E TANGENCIAL DA MADEIRA DE *Eucalyptus*

¹Assis, Máira Reis de (maira1403@yahoo.com.br), ²Guibal, Daniel (daniel.guibal@cirad.fr),
¹Trugilho, Paulo Fernando (trugilho@dcf.ufla.br), ²Brancheriau, Loïc (loic.brancheriau@cirad.fr),
²Napoli, Alfredo (alfredo.napoli@cirad.fr)

¹Universidade Federal de Lavras/UFLA

Departamento de Ciências Florestais – Caixa Postal 3037 – 37200-000 Lavras, Minas Gerais, Brasil

²CIRAD - Research Unit Biomass, Wood, Energy, Bioproducts - TA B-114/16 – Rue Jean-François Breton 34398
– Montpellier, França

RESUMO: O objetivo do estudo foi avaliar as contrações radiais e tangenciais na madeira de *Eucalyptus*. Foram utilizadas árvores do clone comercial GG100 (híbrido do *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake), aos 6 anos de idade. De cada árvore, foram retiradas toras com cerca de 1 m de comprimento, partindo da base da árvore, que posteriormente foram desdobradas em pranchas centrais de 100 mm de espessura e 40 cm de comprimento. A partir de pranchas centrais foram confeccionados corpos-de-prova considerando as posições radiais como externa e interna, nas dimensões nominais de 30 x 30 x 10 mm. Um total de 72 corpos de prova de madeira foram produzidos a partir de 42 pranchas centrais. Foram avaliadas a densidade básica e as contrações radiais e tangenciais. Para a determinação das contrações radiais e tangenciais, realizaram-se as medições nas direções radiais e tangenciais dos corpos-de-prova saturados e a 0% de umidade. Houve tendência de aumento no sentido casca-medula da contração radial e da contração tangencial. Os valores de densidade básica obtidos foram, para os corpos de prova na posição radial mais externa, 448 kg.m⁻³ e 411 kg.m⁻³ para a posição radial mais interna. As relações funcionais entre as contrações radiais e tangenciais com a densidade básica apresentaram-se não significativas.

Palavras Chave: densidade básica, coeficiente de anisotropia, posição radial, propriedades físicas.

EVALUATION OF THE PROPERTIES OF RADIAL AND TANGENTIAL SHRINKAGE OF *Eucalyptus*

ABSTRACT: The aim of the study was to evaluate the radial and tangential shrinkage in *Eucalyptus*. Trees of the commercial clone GG100 (hybrid of *Eucalyptus urophylla* ST Blake) were used at 6 years old. In each tree, logs of about 1 m length were cut from the base of the tree which were subsequently split into 100 mm core thickness and 40 cm length boards. From central planks, specimens bodies were prepared considering the radial positions as external and internal, in nominal dimensions of 30 x 30 x 10 mm. A total of 72 specimens of wood were produced from 42 central planks. Density and radial and tangential shrinkage were evaluated. To determine the radial and tangential shrinkage, measurements were performed in the radial and tangential directions of the specimens saturated and with 0% humidity. There was an increasing trend in the direction bark-marrow of radial and tangential shrinkage. The density values obtained were: for the specimens in the external radial position, 448 kg m⁻³ and 411 kg m⁻³ for the internal radial position. The functional relations between the radial and tangential shrinkage and density showed no significance.

Keywords: density, anisotropy coefficient, radial position, physical properties.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material orgânico muito heterogêneo, considerando-se as características anatômicas e químicas e as propriedades físicas e mecânicas. Essa heterogeneidade está relacionada com as variações nos sentidos radial, longitudinal e tangencial que a madeira normalmente apresenta. A variação das propriedades da madeira ocorre sob diversos níveis. Ocorre entre espécies, entre indivíduos de mesma espécie, entre indivíduos de mesmo clone e até dentro do mesmo fuste. Dentro de um fuste, a variação radial e longitudinal das propriedades da madeira são as principais fontes de variação.

A qualidade da madeira pode ser definida como um conjunto de características que indica sua adequação para um determinado uso final e a sua capacidade para preencher os requisitos necessários à fabricação de um determinado produto (MORA *et al.*, 1983).

Um dos atributos de qualidade mais utilizado nos vários setores da produção industrial madeireira é a densidade básica, sendo considerada o principal índice de qualidade que indica o uso final da madeira (SHIMOYAMA, 1990). A densidade básica é uma das propriedades físicas mais importantes por se relacionar diretamente com outras propriedades da madeira, inclusive às contrações.

A retratibilidade, outra característica da madeira comumente utilizada como índice de qualidade, é uma propriedade de grande importância principalmente para se avaliar o potencial de utilização para a indústria madeireira. A retratibilidade geralmente está associada a empenamentos e rachaduras nas peças serradas e é considerada um dos principais problemas relacionados com a produção de madeira serrada dos *Eucalyptus*.

A retratibilidade é a movimentação da madeira (inchamento ou contração) pelo ganho ou perda de água abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF). A retração tangencial é maior que a radial, enquanto que a retração longitudinal é praticamente desprezível. A relação entre as contrações tangencial e radial é chamada de coeficiente de anisotropia. Este índice é importante na avaliação das contrações. De uma maneira geral, quanto mais baixa essa razão, isto é, quanto mais próximo de um, melhor é o comportamento da madeira na sua utilização na forma sólida, menores são as tensões geradas durante a secagem e, consequentemente, menor tendência ao empenamento e fendilhamento da madeira.

As contrações volumétrica, radial e tangencial em *Eucalyptus* estão correlacionadas com a densidade básica. De modo geral, maiores contrações são observadas na tora da base das árvores (LIMA, 1996).

Em razão da diferença na adaptação dos clones aos diferentes ambientes, há necessidade de estudos específicos para avaliar suas características para determinada região e uso específico.

Desta forma, o objetivo do estudo foi avaliar as contrações radiais e tangenciais na madeira de *Eucalyptus*, bem como sua densidade básica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas 42 árvores do clone comercial GG100 (híbrido do *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake), aos 6 anos de idade, provenientes de área de reflorestamento de propriedade da GERDAU S.A., localizada no município de Santo Antônio do Amparo, Minas Gerais - Brasil (20°56'48" S e 44°55'09" O), altitude média de 1000 m, temperatura média anual de 19,9 °C e precipitação média anual de 1418 mm). De cada árvore, foram retiradas toras com cerca de 1 m de comprimento, partindo da base da árvore, que posteriormente foram desdobradas em pranchas centrais de 100 mm de espessura e 40 cm de comprimento. A partir de pranchas centrais foram confeccionados corpos-de-prova considerando as posições radiais como externa e interna, nas dimensões nominais de 30 x 30 x 10 mm. Um total de 72 corpos de prova de madeira foram produzidos a partir de 42 pranchas centrais. Foram avaliadas a densidade básica e as contrações radiais e tangenciais.

Os corpos-de-prova considerando as posições radiais como externa e interna, nas dimensões nominais de 30 x 30 x 10 mm, foram utilizadas para o estudo da densidade básica e contração da madeira.

2.1 Densidade básica

A densidade básica da árvore foi obtida conforme descrito pela norma NBR 11941 (ABNT, 2003).

Os corpos-de-prova foram imersos em água para a completa saturação. Uma balança digital com precisão de 0,001 g foi utilizada para tomada de massa. Posteriormente, os corpos-de-prova foram colocados em estufa de circulação de ar a 103 ± 2 °C até atingirem peso constante, sendo então, novamente pesados.

A densidade básica foi determinada pela relação entre a massa seca da amostra pelo seu volume completamente saturado.

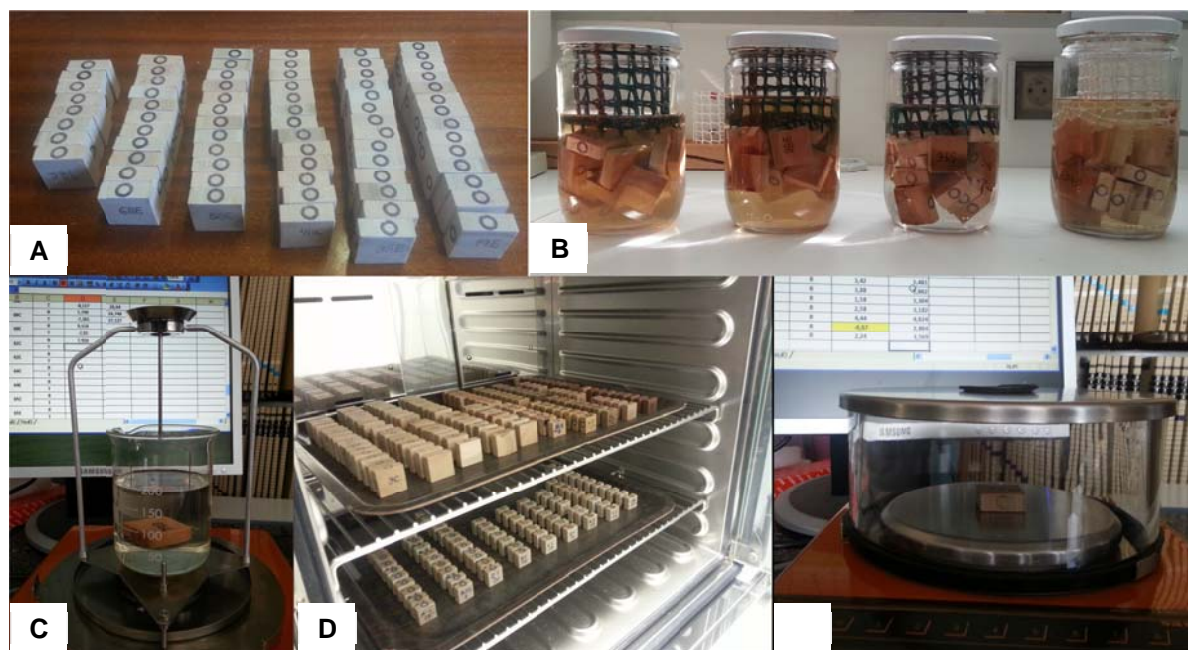


Figura 1 A – Corpos de prova à umidade teórica de equilíbrio (12%), B – Corpos de prova saturados, C – Obtenção do volume saturado, D – Corpos de prova na estufa, E – Obtenção da massa seca.

2.2. Retratibilidade da madeira

Para a determinação das contrações radiais e tangenciais, realizaram-se as medições nas direções radiais e tangenciais dos corpos-de-prova saturados e a 0% de umidade (massa absolutamente seca).

A metodologia adotada no ensaio seguiu a norma ASTM D143-94 (ASTM, 1997). As medições das dimensões tangenciais e radiais foram realizadas com um equipamento *Comparetur* digital, com precisão de 0,001mm, diretamente nas amostras em locais previamente determinados e marcados.

O coeficiente de anisotropia definido como a relação entre a contração tangencial e a contração radial, foi também calculado. Esse coeficiente é utilizado com a finalidade de qualificar a madeira quanto aos problemas originários da secagem.

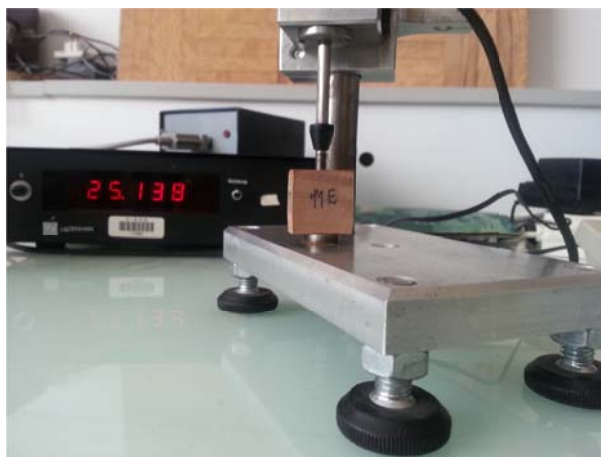


Figura 2 Obtenção das contrações da madeira

Os valores de coeficiente de anisotropia foram obtidos conforme a seguinte equação:

$$CA = \frac{CT}{CR}$$

em que, CA é o coeficiente de anisotropia, CT é a contração tangencial (%) e CR é a contração radial (%).

A análise estatística foi realizada utilizando-se o software Sisvar®, versão 5.1 Build 72 (FERREIRA, 2008). Para a comparação múltipla das médias utilizou-se o teste Scott-Knott a 5 % de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 está apresentado o resumo da análise de variância. Observa-se que o efeito da posição radial foi altamente significativo ($p \leq 0,01$) para todas as variáveis analisadas, exceto para o coeficiente de anisotropia.

Tabela 1 Análise de variância para a densidade básica, contrações radiais e tangenciais e para o coeficiente de anisotropia em *Eucalyptus* spp.

FV	GL	Características físicas da madeira			
		QUADRADO MÉDIO			
		Contração radial (%)	Contração tangencial (%)	Coeficiente anisotropia	Densidade básica (kg m ⁻³)
Posição Radial	1	28,6667**	122,7822**	0,0061 ^{ns}	24738,9145**
Erro	70	1,0922	0,6899	0,1300	834,8814
Total	71				
Média		5,63	9,33	1,71	430,36
CV (%)		18,55	8,90	21,04	6,71

FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação experimental; ** e ns = significativo em nível de 1% e não significativo, respectivamente.

Na Tabela 2 encontra-se o teste de comparação múltipla para o efeito da posição radial sobre as características físicas densidade básica, contrações radiais e tangenciais e coeficiente de anisotropia.

Tabela 2 Teste de médias para as variáveis densidade básica, contrações radiais e tangenciais e para o coeficiente de anisotropia em *Eucalyptus* spp.

Posição radial	Contração radial (%)	Contração tangencial (%)	Coeficiente anisotropia	Densidade básica (kg.m ⁻³)
Interior	4,97 a	7,95 a	1,70 a	411 a
Exterior	6,23 b	10,57 b	1,72 a	448 b

*Valores seguidos de mesma letra na vertical não diferem entre si significativamente pelo teste de comparação múltipla Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Observa-se no teste de comparação múltipla que para o coeficiente de anisotropia não ocorreu diferença significativa entre as médias. Para as demais variáveis analisadas, os valores estatisticamente superiores foram encontrados nos corpos de prova retirados na posição radial exterior.

Quanto ao coeficiente de anisotropia, DURLO E MARCHIORI (1992) apresentaram o seguinte critério de classificação da madeira: 1,2-1,5 – considerado excelente; 1,5-2,0 - normal; e acima de 2,0 - como ruim. De acordo com as classes mencionadas pelos autores anteriormente citados, a madeira de *E. urophylla* (1,7) poderá ser considerada com comportamento normal quanto à sua estabilidade dimensional.

Neste estudo, o valor médio de densidade básica da madeira do clone GG100 (híbrido do *Eucalyptus urophylla*) aos 6 anos de idade foi de 430 kg m⁻³, considerando as duas posições radiais conjuntamente (Tabela 1). Esse valor médio é inferior ao encontrado por SANTANA *et al.* (2012) em *E. grandis* e *E. urophylla* aos 74 meses de idade coletados no mesmo local do presente trabalho, que foi de 450 kg.m⁻³ QUEIROZ *et al.* (2004) encontraram um valor médio de 447 kg m⁻³ em *E. urophylla* na idade de 6 anos. Árvores de *Eucalyptus urophylla* com 10,5 anos de idade, em Uberaba, Minas Gerais, exibiram valores de densidade básica da madeira de 554 kg m⁻³ (PEREIRA *et al.*, 2000). OLIVEIRA *et al.* (2005), ao determinarem a densidade básica da madeira de *E. urophylla* com idade aproximada de 16 anos, plantada em Anhembi, São Paulo, encontraram valor médio semelhante ao encontrado por PEREIRA *et al.* (2000), 540 kg m⁻³. Esses resultados revelam claramente a variabilidade nos valores de densidade entre as árvores da mesma espécie, em diferentes idades e sítios.

Na Figura 3 é mostrado o comportamento da densidade básica das amostras quanto às diferentes posições radiais.

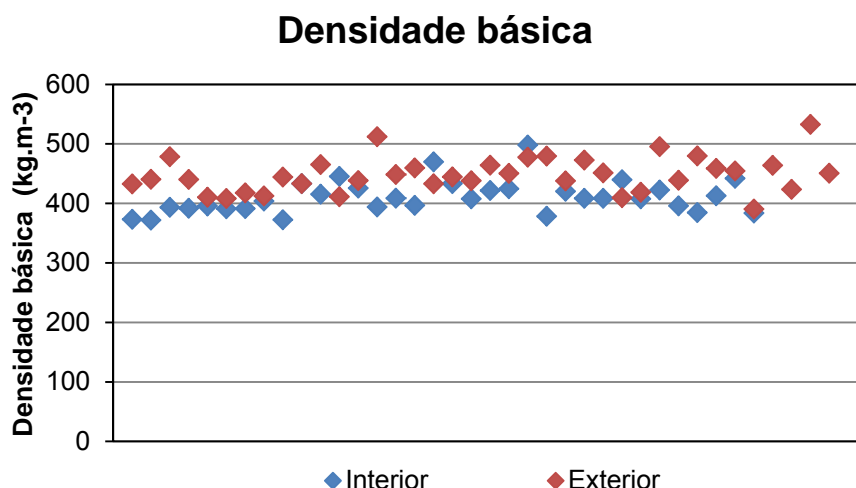


Figura 3 Comportamento da densidade básica das amostras quanto à posição radial.

Os valores de densidade básica obtidos foram, para os corpos de prova na posição radial mais externa, 448 kg m⁻³ e 411 kg m⁻³ para a posição radial mais interna. Esta diferença representa um aumento de 8% do valor da densidade básica da madeira central do tronco

para a madeira externa. LIMA *et al.* (2000) verificaram que a densidade da madeira de 26 clones de *Eucalyptus* aos oito anos de idade aumentou 24% no sentido medula-casca.

As Figuras 4 e 5 apresentam o comportamento da contração radial e tangencial das amostras quanto à posição radial do fuste.

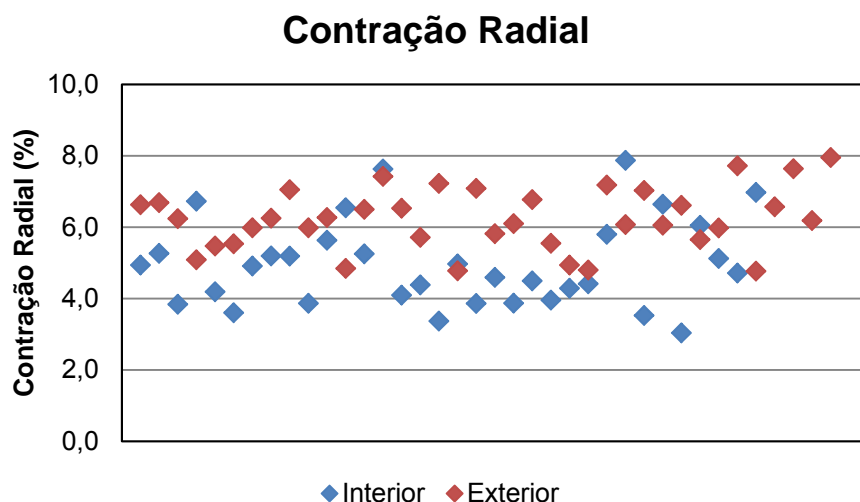


Figura 4 Comportamento da contração radial das amostras quanto à posição radial do fuste.

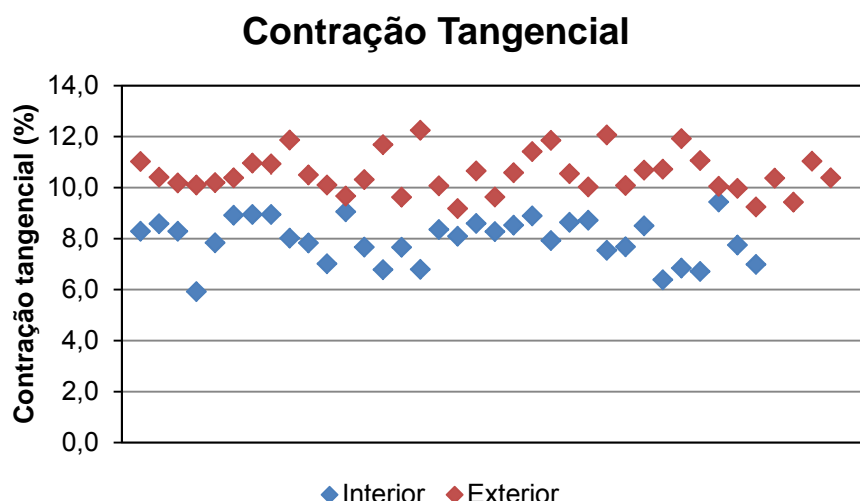


Figura 5 Comportamento da contração tangencial das amostras quanto à posição radial do fuste.

Observa-se nas Figuras 4 e 5 a superioridade dos valores de retratibilidade das amostras do exterior (pontos vermelhos) sobre as amostras do interior (pontos azuis) para as contrações radial e tangencial. Como média, a radial foi de 5,6% e a tangencial de 9,3%. Houve tendência de aumento no sentido medula-casca da contração radial, de 4,9% para 6,2% e da contração tangencial, de 8,0% para 10,6%.

CRUZ *et al.* (2003) avaliaram propriedades físicas e mecânicas da madeira de sete clones híbridos de *Eucalyptus*, com 5,5 e 10,5 anos, considerando as variações dentro da árvore (radiais e longitudinais). Os autores obtiveram valores de contrações radiais e tangenciais de 4,9% e 8,9%, respectivamente, para todas as posições conjuntamente, e coeficiente de anisotropia de 1,8. Ao analisar separadamente as posições radiais exterior e interior, encontra-se valores de contrações radial e tangencial de 3,9% e 9,7% para o interior da árvore, e 5,1% e 8,4% para o exterior, respectivamente. Para a densidade básica, considerando todos os clones conjuntamente, foi encontrado o valor de 460 kg m⁻³ para as

amostras mais próximas da medula das árvores e 535 kg.m^{-3} para as mais próximas da casca.

As Figuras 6 e 7 apresentam as relações funcionais entre a densidade básica e as contrações radial e tangencial da madeira.

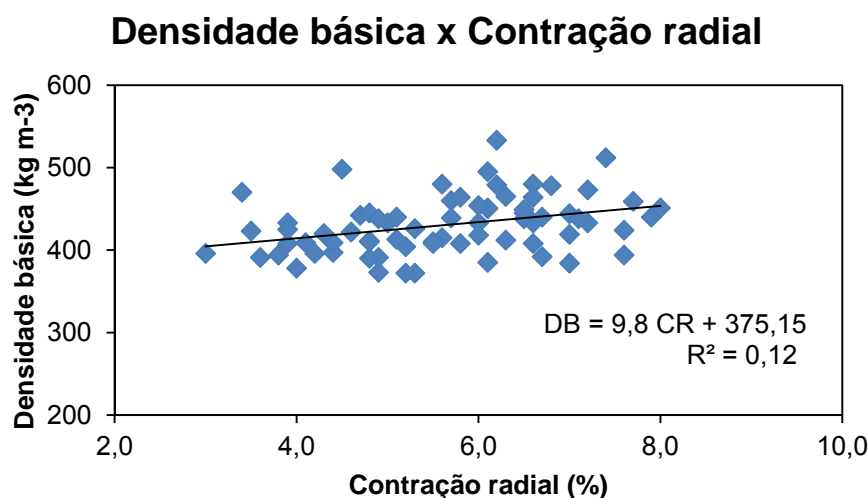


Figura 6 Relação funcional entre a densidade básica e a contração radial da madeira.

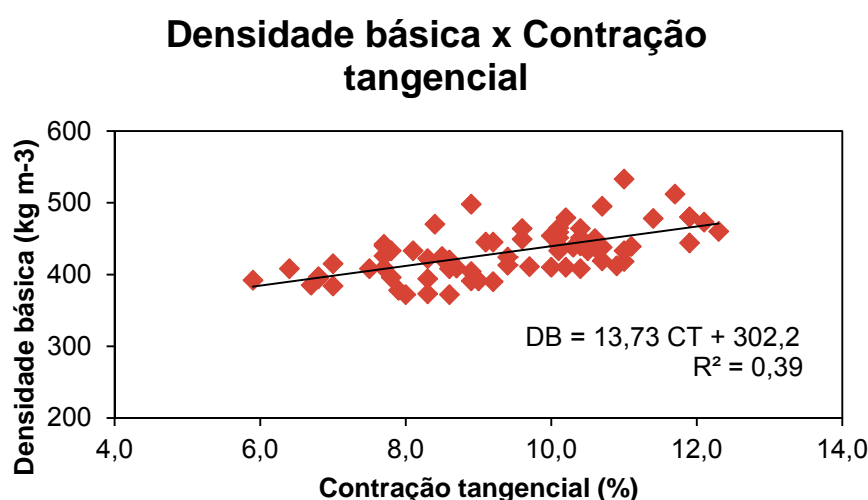


Figura 7 Relação funcional entre a densidade básica e a contração tangencial da madeira.

Não houve relação direta entre a densidade básica e as contrações radial e tangencial. Entre a densidade básica e a contração radial o R^2 foi de 0,12 (Figura 6); já entre a densidade básica e a contração tangencial o R^2 foi de 0,39 (Figura 7).

Existe controvérsias quanto às possíveis correlações existentes entre a retratibilidade e a densidade da madeira. LOPES *et al.* (2011) também encontraram baixas correlações entre as contrações radial (0,37) e tangencial (0,61) e a massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis*. De acordo com TRUGILHO *et al.* (2002) a densidade básica e a variação dimensional da madeira apresentam correlação positiva. GONÇALVES *et al.* (2010) avaliaram a correlação linear entre algumas propriedades físicas e mecânicas e as características dendrométricas avaliadas do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* a partir de coeficientes de Pearson. Os autores encontraram uma forte correlação negativa entre a densidade básica com o fator anisotrópico (-0,83) e uma forte

correlação positiva com as contrações nas direções tangencial (0,80) e radial (0,92), bem assim com a volumétrica (0,93).

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados, conclui-se que:

- A madeira do clone em estudo possui valores de retratibilidade considerados normais e valor de coeficiente anisotrópico satisfatório;
- As amostras apresentaram valores menores de retratibilidade e de densidade básica na região próxima da medula.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CIRAD/AIRD e à UFLA pelo apoio técnico, científico, físico e financeiro e à GERDAU S.A. pela doação do material biológico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Annual book of ASTM. Denver, 1997. P. 23-53. **(D143-94. Standards methods of testing small, clear specimens of timber)**.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941: madeira: determinação da densidade básica**. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.
- CRUZ, C. R.; LIMA, J. T.; MUNIZ, G. I. B. Variações dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas da madeira de híbridos de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 33-47, dez. 2003.
- DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. Tecnologia da madeira: retratibilidade. Santa Maria: **CEPEF/FATEC**, 1992. 33p. (Série Técnica, 10)
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.
- GONÇALVES, F. G., DA SILVA OLIVEIRA, J. T., DA SILVA, G. F., & ELOI, M. Parâmetros dendrométricos e correlações com propriedades tecnológicas em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, 34(5), 947-959. (2010).
- LIMA, T.G. **Variações no sentido radial e longitudinal de algumas propriedades das madeiras de *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Eucalyptus pilularis* Sm.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996. 106p.
- LIMA, J. T.; BREESE, M. C.; CAHALAN, C. M. Variation in wood density and mechanical properties in *Eucalyptus* clones: the future of *Eucalyptus* for wood products. **Proceedings of an IUFRO Conference**, 2000. Launceston, 2000.
- LOPES, C. S. D., NOLASCO, A. M., TOMAZELLO FILHO, M., DOS SANTOS DIAS, C. T., & PANSINI, A. Estudo da massa específica básica e da variação dimensional da madeira de três espécies de eucalipto para a indústria moveleira. **Ciência Florestal**, 21(2), 315-322. (2011).
- MORA, A. B.; MARQUEA, L. E. G.; MIGLIORINI, A. J.; SANSIGOLO, C. A. Variação genética para densidade da madeira em progênies de *E. grandis*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo: SBS, 1983. p. 318-324.
- OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, v.29, n.1, p.115-127, 2005.
- PEREIRA, J.C.D.; STURION, J.A.; HIGA, A.R.; HIGA, R.C.V.; SHIMIZU, J.Y. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p. (**Embrapa Florestas. Documentos, 38**).

- QUEIROZ, S. C. S.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C. de. Influência da densidade básica da madeira na qualidade da polpa kraft de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 901-909, ago. 2004.
- SANTANA, W. M. S.; CALEGARIO, N.; ARANTES, M. D. C.; TRUGILHO, P. F. Effect of age and diameter class on the properties of wood from clonal *Eucalyptus*. **Cerne**, (2012). 18(1), 1-8.
- SHIMOYAMA, V. R. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* spp.** 1990. 93 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.
- TRUGILHO, P. F. et al. Variação dimensional e densidade da madeira em árvore de *Eucalyptus*. In: ENCONTRO NACIONAL EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 8., 2002, Uberlândia. **Anais...** São Carlos: IBRAMEM, 2002.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores Maíra Reis de Assis, Daniel Guibal, Paulo Fernando Trugilho, Loïc Brancheriau e Alfredo Napoli são os únicos responsáveis pelo que está contido neste trabalho.